| | | | |
|---|---|---|---|
| **Para:** | Francisco Vera | **Fecha:** | 6/Feb/2025 |
| **CC:** | Carlos Hubner, Zayra Caballero | | |
| **De:** | Departamento de Ingeniería IMR | **Doc. #:** | 1824-363-CI-MEMO-T0018 |
| **Asunto:** | Arena mojada sobre la capa de drenaje Zona 3 | | |

# 1.0 ANTECEDENTES

La Instalación de Manejo de Relaves (IMR) es el departamento responsable de la construcción de los muros de arena en Cobre Panamá. Estos muros son componentes esenciales de la operación minera, ya que almacenan el residuo, o relaves, generado por producción del concentrado de cobre. La construcción de los muros de arena de la IMR cumple con estrictos estándares de ingeniería establecidos en la especificación de diseño No. 1824-363-CI-SPC-0003_10. Los valores requeridos de conductividad hidráulica vertical deben superar 1x10^-4 cm/s, según se detalla en el informe de diseño (1824-363-M02-RPT-00002). Este informe debe ser consultado para garantizar el cumplimiento de las especificaciones y guiar la adecuada evaluación del desempeño del sistema de drenaje.

Estos estándares son cruciales para asegurar la integridad estructural y la eficiencia operativa de los muros.

Durante una Inspección de Seguridad de Dique (DSI, por sus siglas en inglés) realizada en mayo de 2024, New Fields observó condiciones persistentes de humedad en una región específica de la IMR, particularmente en la interfaz entre el material de arena y el material filtrante (zona 3).

# 2.0 OBJETIVOS

Evaluar, analizar y discutir los resultados de las pruebas de distribución de tamaño de grano y permeabilidad en los materiales de las áreas identificadas, con el fin de determinar su correlación y evaluar las implicaciones para el comportamiento del muro.

## 3.0 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de laboratorio:

**Tabla 1.** Resultados de Granulometría e Hidrometría de las muestras tomadas en la celda 11-12 PN

| Celda 11-12 PN | | Granulometría | | | Permeabilidad(cm/s) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pto. | Estado | Coordenadas/Elev. *WGS 84 / UTM zona 17N* | % Pasante #200 | | Flujo Laminar | Promedio (Arena) | Promedio (Zona3) |
| | | | Arena | Zona 3 | | | |
| **1** | Arena mojada sobre la zona 3 | 983365 / 538242 / 44.01 | 7.7 | 4.3 | 0 h | 2.1440E-04 | 2.1441E-02 |
| | | | | | Δ5cm h | 2.8305E-04 | 2.8305E-02 |
| | | | | | Δ10cm h | 3.0931E-04 | 3.0932E-02 |
| **2** | Arena mojada sobre la zona 3 | 983365 / 537251/ 43.92 | 9.2 | 4.2 | 0 h | 9.3202E-03 | 1.0393-01 |
| | | | | | Δ5cm h | 8.8049E-03 | 9.1689E-02 |
| | | | | | Δ10cm h | 8.8207E-03 | 8.1801E-02 |

**Tabla 2.** Resultados de Granulometría e Hidrometría de las muestras tomadas en la celda 19 PN

| Celda 19 PN | | Granulometría | | | Permeabilidad (cm/s) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pto.** | Estado | Coordenadas/Elev. *WGS 84 / UTM zona 17N* | % Pasante #200 | | Flujo Laminar | Promedio (Arena) | Promedio (Zona3) |
| | | | Arena | Zona 3 | | | |
| **1** | Arena mojada sobre la zona 3 | 983525 / 536473 / 46.2 | 8.1 | 4.7 | 0 h | 4.6225E-04 | 4.6226E-02 |
| | | | | | Δ5cm h | 4.8865E-04 | 4.8866E-02 |
| | | | | | Δ10cm h | 4.9314E-04 | 4.9314E-02 |
| **2** | Arena mojada sobre la zona 3 | 983525 / 536473 / 44.8 | 10.9 | 3.0 | 0 h | 3.0814E-04 | 3.0814E-02 |
| | | | | | Δ5cm h | 2.9044E-04 | 2.9004E-02 |
| | | | | | Δ10cm h | 2.6497E-04 | 2.6497E-02 |

**Tabla 3.** Resultados de Granulometría e Hidrometría de TECNILAB.

| Resultados de las pruebas de permeabilidad realizadas por TECNILAB | | | |
|---|---|---|---|
| **Pto.** | Zona 3<br>% Finos | Flujo Laminar | Promedio (Zona3) |
| **1** | 8 | 0 h | 6.49E-04 |
| | | Δ5cm h | 6.49E-04 |
| | | Δ10cm h | 6.64E-04 |
| | | Promedio | **6.55E-04** |
| **2** | 5 | 0 h | 6.80E-04 |
| | | Δ5cm h | 6.87E-04 |
| | | Δ10cm h | 6.94E-04 |
| | | Average | **6.87E-04** |
| **3** | 4 | 0 h | 7.28E-04 |
| | | Δ5cm h | 7.30E-04 |
| | | Δ10cm h | 7.44E-04 |
| | | Promedio | **7.34E-04** |
| **4** | 2 | 0 h | 7.42E-04 |
| | | Δ5cm h | 7.48E-04 |
| | | Δ10cm h | 7.44E-04 |
| | | Promedio | **2.65E-02** |

# 4.0 ANÁLISIS DE DATOS

**Comparación de los Valores de Permeabilidad con la Especificación**

Al comparar los valores de permeabilidad obtenidos en las pruebas con la especificación, se hacen las siguientes observaciones:

- **Mayoría de los valores cumplen con el requisito:** La mayoría de los valores de permeabilidad, tanto para la arena como para la Zona 3, superan el valor mínimo requerido de 1x10^-4 cm/s. Esto indica que, en general, el material tiene una permeabilidad adecuada según la especificación.
- **Variabilidad:** Existen algunas variaciones en los valores de permeabilidad, lo cual es común debido a la heterogeneidad de los suelos.

**Consideraciones adicionales**:

- **Profundidad:** Los valores de permeabilidad pueden variar con la profundidad debido a cambios en la composición del suelo y las condiciones de depósito.
- **Anisotropía:** La permeabilidad puede diferir en las direcciones horizontal y vertical.
- **Escalas de laboratorio y campo:** Los valores obtenidos en el laboratorio pueden no ser idénticos a los valores in-situ debido a factores como la escala y las condiciones de confinamiento.

# 5.0 CONCLUSIÓN

Los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo realizadas cumplen en gran medida con las especificaciones de diseño. Además, las lecturas de los instrumentos geotécnicos no indican aumentos significativos en los niveles freáticos ni en las presiones de agua en los poros dentro del cuerpo del dique que pudieran justificar la presencia de la zona saturada por encima del material filtrante.

Asimismo, los valores de permeabilidad obtenidos para las muestras más húmedas son típicamente más altos que los de las muestras más secas, como se esperaba. La presencia de agua en los poros reduce la resistencia al flujo, facilitando el movimiento del fluido. En consecuencia, las variaciones observadas en el contenido de humedad son consistentes con la variabilidad en los resultados de permeabilidad.

Sin embargo, para sacar conclusiones adicionales, podrían ser beneficiosos análisis adicionales, como:

- **Pruebas triaxiales:** Estas pruebas permitirán evaluar la resistencia al corte y la deformabilidad del material del dique, así como su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga y humedad.
- **Caracterización mecánica adicional:** Se recomienda analizar más a fondo los filtros, enfocándose en sus propiedades estructurales y mecánicas para evaluar su desempeño a largo plazo. En lugar de realizar un análisis granulométrico convencional, sería beneficioso realizar pruebas que proporcionen información más precisa sobre la durabilidad y estabilidad de los materiales del filtro. Para ello, se sugiere la prueba de abrasión de Los Ángeles, ya que evalúa la resistencia de la roca a la fragmentación y la generación de finos, los cuales podrían obstruir el sistema de filtrado y reducir su eficiencia. Además, se recomienda el índice de durabilidad al hinchamiento para medir la resistencia de la roca a la desintegración cuando se expone al agua. Pruebas complementarias de densidad y absorción también ayudarían a entender cómo el material filtra el agua y cómo podría comportarse con el tiempo bajo condiciones de humedad variables.

Atentamente,

Diógenes Carrera

Diógenes Carrera
Ingeniero | QAQC